

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-210781

(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int.Cl.

H02P 5/00
G05D 19/02

(21)Application number : 09-025842

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 24.01.1997

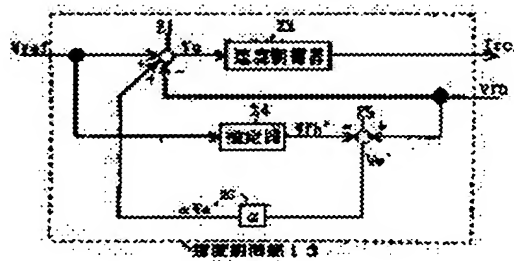
(72)Inventor : TSURUTA KAZUHIRO
OKUBO HITOSHI
KAKO YASUHIKO

(54) MOTOR CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To express an estimated velocity by only a command response component for a velocity command and compensate a vibration easily, by a method wherein a vibration suppression control signal is added to a velocity command and a motor velocity is deducted and a velocity deviation is inputted and the velocity is so controlled as to have the motor velocity agree with the velocity command by outputting a command.

SOLUTION: If it is assumed that a disturbance is sufficiently compensated by the integrator of a velocity controller 22, a motor velocity is composed of a command response component and a vibration component only. If an estimated velocity V_{fb}' which is calculated and estimated by an estimation device 24 is accurate, a velocity estimation error V_e' which is a difference between the velocity signal V_{fb} of the motor and the estimated velocity V_{fb}' is composed of only the vibration component which is influenced by the fluctuation of a mechanism, etc. If the velocity estimation error V_e' is multiplied by a vibration suppression gain α and added to a velocity command V_{ref} , the vibration component can be eliminated. With this constitution, a parameter to be regulated is the vibration suppression gain α only, so that the very simple and practical vibration suppression control can be realized.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-210781

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 2 P 5/00,
G 0 5 D 19/02

識別記号

F I
H 0 2 P 5/00
G 0 5 D 19/02

X
K
D

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-25842

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月24日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 鶴田 和寛

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 大久保 整

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 加来 靖彦

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

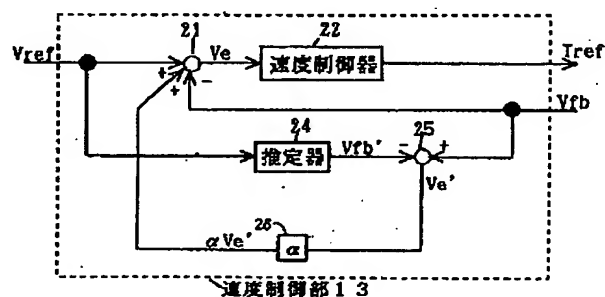
株式会社安川電機内

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 モータが位置ないし速度制御をする時、駆動システム全体に生じる振動を抑えるための補償手段を備えたモータ制御装置を提供する。

【解決手段】 速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、電流を供給されて回転するモータと、モータの軸の回転位置を検出してモータ位置を出力する検出器と、検出器の信号を受けてモータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により速度指令とモータ速度を一致させるモータの速度制御機能を備えたモータ制御装置において、速度制御部が、速度指令を受け速度指令に対するモータ速度をシミュレートしてモータの推定速度を出力する推定器と、モータ速度からモータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、速度推定誤差を受け係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、速度指令に制振制御信号を加算しモータ速度を差引いて速度偏差を出力する加減算器と、速度偏差を入力し速度指令にモータ速度が一致するようにトルク指令を出力する速度制御器とを備える。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器と、を備え、フィードバック制御により前記速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御機能を備えたモータ制御装置において、

前記速度制御部が、前記速度指令を受け前記速度指令に対するモータ速度をシミュレートしてモータの推定速度を出力する推定器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を受け係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記速度指令に前記制振制御信号を加算し前記モータ速度を差引いて速度偏差を出力する加減算器と、前記速度偏差を入力し前記速度指令に前記モータ速度が一致するように前記トルク指令を出力する速度制御器と、からなることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器と、を備え、フィードバック制御により前記速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御機能を備えたモータ制御装置において、

前記速度制御部が、前記速度指令を受け前記速度指令に対するモータ速度をシミュレートしてモータの推定速度を出力する推定器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を入力して高周波信号のみを出力するハイパスフィルタと、前記ハイパスフィルタの信号を受け係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記速度指令に前記制振制御信号を加算し前記モータ速度を差引いて速度偏差を出力する加減算器と、前記速度偏差を入力し前記速度指令に前記モータ速度が一致するように前記トルク指令を出力する速度制御器と、からなることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項3】位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器と、を備え、フィードバック制御により前記速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御機能

2

と、フィードバック制御により前記位置指令と前記モータ位置を一致させるモータの位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、

前記位置制御部が、前記位置指令から前記モータ位置を差引いて位置偏差を出力する減算器と、前記位置偏差を入力し前記位置指令と前記モータ位置が一致するように速度指令を出力する位置制御器と、前記速度指令を入力し速度指令に対するモータ速度をシミュレートして推定速度を出力する推定器と、前記モータ位置を差分演算してモータ速度を出力する差分器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を入力し係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記制振制御信号と前記速度指令を加算し新たな速度指令を出力する加算器と、からなることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項4】位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器と、を備え、フィードバック制御により前記速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御機能と、フィードバック制御により前記位置指令と前記モータ位置を一致させるモータの位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、

前記位置制御部が、前記位置指令からモータ位置の応答を推定する推定器と、前記モータ位置から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を係数倍する係数器と、前記位置指令に前記係数器の信号を加え、さらに前記モータ位置を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力し前記位置指令と前記モータ位置が一致するように速度指令を出力する位置制御器と、からなることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項5】位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器と、を備え、フィードバック制御により前記速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御機能と、フィードバック制御により前記位置指令と前記モータ位置を一致させるモータの位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、

前記位置制御部が、前記位置指令からモータ位置の応答を推定する推定器と、前記モータ位置から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を係数倍する

(3)

3

係数器と、前記位置指令に前記係数器の信号を加え、さらに前記モータ位置を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力し前記位置指令と前記モータ位置が一致するように速度指令を出力する位置制御器と、からなるとともに、速度制御部が、前記速度指令を受けてモータの回転速度を推定する推定器と、モータ速度から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を受けて係数倍する係数器と、前記速度指令に前記係数器の信号を加え、さらにモータ速度を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力し速度指令とモータ速度が一致するようにトルク指令を出力する速度制御器と、からなることを特徴とするモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、モータが制御対象を駆動して位置制御ないし速度制御をする時、駆動システム全体に生じる振動を抑えるための補償手段を備えたモータ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】FA分野の様々な機械装置にモータが用いられており、機械装置の仕様に応じてモータの位置や速度の制御が行われている。そのような機械装置はモータと制御対象の間に動力伝達機構が備えられて動力を伝えることが多い。そして、モータの回転位置を検出して位置や速度の制御をするという形態が一般的であり広く用いられている。その構成は、位置指令とモータの回転位置を入力して速度指令を出力する位置制御部と、その速度指令とモータの回転速度を入力して電流指令を出力する速度制御部と、前記速度制御部の指令に応じてモータに電流を供給する電流制御部とからなり、速度制御のマイナーループを備えて位置制御をするという2重ループの形態がとられている。しかし、そのような一般的な構成をとるだけでは機械構造の共振などによってモータや制御対象の動きが振動的になり問題となることがある。このような振動問題に対して様々な制御方法や装置が開発されており、有効な技術の一つが特開平7-337057号公報に開示されている。そこに示されている技術は、モータを含む機構系を等価剛体系と機械振動系に分離し、等価剛体系のモデルに基づくオブザーバを構成して機械振動を高速で推定し、制振制御するというものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが前記従来の技術は、オブザーバがトルク指令を用いて等価剛体系の速度を推定しているため、トルク指令に粘性摩擦や、一定外乱、クーロン摩擦等を補償する成分が含まれているときは、これらの影響を打ち消すために2次のオブザーバを組み込む必要があり、比例演算パラメータと積分演算パラメータの2つの定数を設定することが必要であった。しかも、2つの定数の大きさがわずかに変化するだ

4

けで機械振動の位相が大きく変化するため、2つの定数の調整が容易でなく、微調整がうまくいかなければ十分な制振の効果が得られないという問題があった。

【0004】

【課題を解決するための手段】そこで本発明は、この問題を解決することができる制振制御装置を提供することを目的とする。上記問題点を解決するため、本発明1では、速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により前記モータの速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御の機能を備えたモータ制御装置において、前記速度制御部を、前記速度指令を受け前記速度指令に対するモータ速度をシミュレートしてモータの推定速度を出力する推定器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を受け係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記速度指令に前記制振制御信号を加算し前記モータ速度を差引いて速度偏差を出力する加減算器と、前記速度偏差を入力し前記速度指令に前記モータ速度が一致するように前記トルク指令を出力する速度制御器と、から構成するものである。

【0005】また、本発明2では、速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により前記モータの速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御の機能を備えたモータ制御装置において、前記速度制御部を、前記速度指令を受け前記速度指令に対するモータ速度をシミュレートしてモータの推定速度を出力する推定器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を入力して高周波信号のみを出力するハイパスフィルタと、前記ハイパスフィルタの信号を受け係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記速度指令に前記制振制御信号を加算し前記モータ速度を差引いて速度偏差を出力する加減算器と、前記速度偏差を受け前記速度指令にモータ速度が一致するように前記トルク指令を出力する速度制御器と、から構成したのである。

【0006】また、上記問題点を解決するため、本発明3では、位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を

(4)

5

供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により前記モータの速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御と、フィードバック制御により前記モータの位置指令と前記モータ位置を一致させる位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、前記位置制御部を、前記位置指令から前記モータ位置を差引いて位置偏差を出力する減算器と、前記位置偏差を入力し前記位置指令とモータ位置が一致するように速度指令を出力する位置制御器と、前記速度指令を入力し速度指令に対するモータ速度をシミュレートして推定速度を出力する推定器と、前記モータ位置を差分演算してモータ速度を出力する差分器と、前記モータ速度から前記モータの推定速度を差引いて速度推定誤差を出力する減算器と、前記速度推定誤差を入力し係数倍して制振制御信号を出力する係数器と、前記制振制御信号と前記速度指令を加算し新たな速度指令を出力する加算器と、から構成したのである。

【0007】また、本発明4では、位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により前記モータの速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御と、フィードバック制御により前記モータの位置指令と前記モータ位置を一致させる位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、位置制御部を、前記位置指令からモータ位置の応答を推定する推定器と、前記モータ位置から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を β 倍する係数器と、前記位置指令に前記係数器の信号を加え、さらに前記モータの位置信号を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力して速度指令を出力する位置制御器と、から構成したのである。

【0008】また、本発明5では、位置指令とモータ位置を入力し速度指令を出力する位置制御部と、前記速度指令とモータ速度を入力しトルク指令を出力する速度制御部と、前記トルク指令を受けて増幅し電流を出力する電流制御部と、前記電流を供給されて回転するモータと、前記モータの軸の回転位置を検出して前記モータ位置を出力する検出器と、前記検出器の信号を受けて前記モータ速度を出力する差分器とを備え、フィードバック制御により前記モータの速度指令と前記モータ速度を一致させるモータの速度制御と、フィードバック制御により前記モータの位置指令と前記モータ位置を一致させる位置制御の機能を備えたモータ制御装置において、位置

6

制御部を、前記位置指令からモータ位置の応答を推定する推定器と、前記モータ位置から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を β 倍する係数器と、前記位置指令に前記係数器の信号を加え、さらに前記モータ位置を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力し前記位置指令とモータ位置が一致するように速度指令を出力する位置制御器とから構成するとともに、速度制御部を、前記速度指令を受けてモータ速度を推定する推定器と、モータ速度から前記推定器の信号を差引く減算器と、前記減算器の信号を受けて α 倍する係数器と、前記速度指令に前記係数器の信号を加え、さらにモータ速度を差引く加減算器と、前記加減算器の信号を入力し前記速度指令にモータ速度が一致するようにトルク指令を出力する速度制御器と、から構成したのである。このような構成により振動制御のための回路が働いてモータの回転の滑らかな制御ができるのである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的実施例に基づいて説明する。図1は本発明のモータ制御装置を適用したモータ制御システムのブロック図である。図において、11は位置指令Prefを出力する指令発生部、12は位置指令Prefと検出されたモータの位置信号を入力して速度指令Vrefを出力し、前記2つの入力信号が一致するようにモータの位置制御をする位置制御部、13は速度指令Vrefと演算されたモータ15の速度信号Vfbを入力してトルク指令Trefを出力し、前記2つの入力信号が一致するようにモータ15の速度制御をする速度制御部、14はトルク指令Trefを受けてモータ15に電流を供給する電流制御部、16はモータ15の回転軸に接続するなどして回転軸の回転位置を検出する検出器、17は検出器16の出力信号を受けて差分演算し、モータ15の前記速度信号Vfbを演算する差分器である。

【0010】次に、本発明の第1実施例に係わる速度制御部13の構成について図2を用いて説明する。図において、21は速度指令Vrefに係数器26の出力である制振制御信号 $\alpha V e'$ を加え、モータの速度信号Vfbを差し引いて速度偏差Veを出力する加減算器、22は速度偏差Veを受けてトルク指令Trefを出力する速度制御器、24は速度指令Vrefを受けモータ15の指令応答をシミュレートして、モータの推定速度Vfb'を出力する推定器、25はモータの速度信号Vfbとモータの推定速度Vfb'の差を演算して速度推定誤差Ve'を出力する減算器、26は速度推定誤差Ve'に制振ゲインとしての係数 α を乗じて制振制御信号 $\alpha V e'$ を出力する係数器である。

【0011】ここで、上記速度制御部13を用いたモータ制御システムの制振制御の原理について説明する。モータ速度は速度指令に応答する指令応答成分と外乱によって影響を受ける外乱応答成分と機構等の振動で影響を

(5)

7

受ける振動成分の3つに分けられるものと仮定する。この場合、外乱が速度制御器22の積分器で十分補償できると仮定すれば、モータ速度は指令応答成分と振動成分のみになり、推定器24が演算して出力した推定速度 Vfb' が正確であれば、モータの速度信号 Vfb と推定速度の Vfb' の差である速度推定誤差 Ve' は機構等の振動で影響を受ける振動成分のみとなる。この速度推定誤差 Ve' を制振ゲイン α 倍して速度指令 $Vref$ に加えてやれば振動成分を取り除くことができる。したがって、調整するパラメータは制振ゲイン α のみですむことになり、非常に簡単で実用的な制振制御が実現できるのである。

【0012】次に、本発明をACサーボモータの位置決め制御に適用した時の応答を図3に示す。図における上段は本発明を適用しない時の位置決め応答であり、下段は本発明を適用した時の位置決め応答である。Aは位置指令、Bはモータ位置、Cは位置偏差、Dは位置偏差Cを拡大したもの、Eはトルク指令であり、図から本発明の制振制御による効果を確認することができる。なお、実験における位置ループゲインと、速度ループゲイン、速度ループの積分時定数等は本発明を適用しない時と適用した時とで同じにしており、本発明を適用した時の制振ゲイン α は0.3としている。また、推定器におけるシミュレーションモデルの伝達関数は、速度指令 $Vref$ からモータの速度信号 Vfb までの伝達関数を1次遅れに近似した時の応答周波数が ω として、 $1/(1+(1/\omega)S)$ としている。ここにSはラプラス演算子である。なお、説明の都合上、位置制御装置にて本発明の第1の実施例を説明したが、本実施例は速度制御装置に対しても、もちろん適用できる。

【0013】次に本発明の第2実施例に係わる速度制御部13の構成について図4を用いて説明する。図において、30は速度指令 $Vref$ に制振制御信号 $\alpha FVe'$ を加え、モータの速度信号 Vfb を差し引いて速度偏差 Ve を出力する加減算器、22は速度偏差 Ve を受けてトルク指令 $Tref$ を出力する速度制御器、28は速度指令 $Vref$ を受けモータ15の指令応答をシミュレートしてモータの推定速度 Vfb' を出力する推定器、25はモータの速度信号 Vfb とモータの推定速度 Vfb' の差をとり速度推定誤差 Ve' を出力する減算器、29は速度推定誤差 Ve' の高周波信号 FVe' のみを出力するハイパスフィルタ、26は高周波信号 FVe' に制振ゲイン α を乗じて前記制振制御信号 $\alpha FVe'$ を出力する係数器である。

【0014】ここで、上記速度制御部13を用いたモータ制御システムの制振制御の原理について説明する。モータ速度は速度指令に回答する指令応答成分と外乱によって影響を受ける外乱応答成分と機構等の振動で影響を受ける振動成分の3つに分けられるものと仮定する。この場合、外乱が速度制御器22の積分器で十分補償でき

8

ると仮定すれば、モータ速度は指令応答成分と振動成分のみになり、推定器28が演算して出力したモータの推定速度 Vfb' が正確であれば、モータの速度信号 Vfb とモータの推定速度 Vfb' の差である速度推定誤差 Ve' は機構等の振動で影響を受ける振動成分のみとなる。しかし、推定器28で想定したモデルに誤差がありモータの推定速度 Vfb' が正確でない場合や、速度制御器22の積分器で外乱を十分補償できない場合は、速度推定誤差 Ve' は振動成分のみならず、速度指令に回答する指令応答成分の差や、前記積分器で補償できない外乱成分まで含まれてしまい、正確に振動のみを補償することが出来ない。そこで、速度推定誤差 Ve' を前記ハイパスフィルタ29に通すことにより、高周波信号 FVe' の振動成分のみを抽出することができ、モデル化誤差による指令応答成分の差や、外乱成分を取り除くことができる。高周波信号 FVe' の振動成分のみを抽出した信号を制振ゲイン α 倍して前記速度指令 $Vref$ に加えてやれば振動成分を取り除くことができる。したがって、推定器のモデルに多少の誤差がある場合や、速度制御部内の積分器で外乱を十分補償できない場合においても、十分な制振効果を得ることができるのである。

【0015】次に、本発明をACサーボモータの位置決め制御に適用した時の応答を図5に示す。図における上段は本発明を適用しない時の位置決め応答であり、下段は本発明を適用した時の位置決め応答である。記号A～Eは前記のものと同じものであり、図から本発明の制振制御による効果を確認することができる。なお、シミュレーションにおける位置ループゲインと、速度ループゲイン、速度ループの積分時定数等は本発明を適用しない時と適用した時とで同じにしており、本発明を適用した時の制振ゲイン α は0.5としている。また、推定器28におけるシミュレーションモデルの伝達関数は $1/(1+(1/\omega')S)$ としている。ここで、速度指令 $Vref$ からモータの速度信号 Vfb までの伝達関数を1次遅れで近似した時の応答周波数が ω であるとし、30%のモデル化誤差を考慮して $\omega'=0.7\times\omega$ としている。なお、説明の都合上、位置制御装置にて本発明の第2の実施例を説明したが、本実施例は速度制御装置に対しても、もちろん適用できる。

【0016】次に本発明の第3実施例に係わる位置制御部12の構成について図6を用いて説明する。図において、31は位置指令 $Pref$ からモータの位置信号 Pfb を差し引いてモータの位置偏差 Pe を出力する減算器、32は位置偏差 Pe を受けて速度指令 $Vref'$ を出力する位置制御器、34は速度指令 $Vref'$ に対するモータの回転速度の応答をシミュレートしてモータの推定速度 Vfb' を出力する推定器、33はモータの位置信号 Pfb を受けて差分演算しモータの速度信号 Vfb を出力する差分器、35はモータの速度信号 Vfb とモータの推定速度 Vfb' の差をとり推定速度誤差 V

9

e' を出力する減算器、26は推定速度誤差V e' に制振ゲイン α を乗じて制振制御信号 $\alpha V e'$ を出力する係数器、36は速度指令V r e f' に制振制御信号 $\alpha V e'$ を加えて新たな速度指令V r e fを出力する加算器である。

【0017】ここで、上記位置制御部13を用いたモータ制御システムの制振制御の原理について説明する。モータ速度V f bは速度指令に応答する指令応答成分と外乱によって影響を受ける外乱応答成分と機構の振動で影響を受ける振動成分の3つに分けられるものと仮定する。この場合、外乱が速度制御部13の積分器で十分補償できると仮定すれば、モータの速度信号V f bは指令応答成分と振動成分のみとなり、推定器34が演算したモータの推定速度V f b' が正確であれば、モータの速度信号V f bとモータの推定速度V f b' の差である推定速度誤差V e' は機構の振動で影響を受ける振動成分のみとなる。この推定速度誤差V e' を制振ゲイン α 倍して前記速度指令V r e f' に加えることにより前記の振動成分を取り除くことができる。このように、モータが駆動する機構等の振動を補償する成分を含む速度指令を、位置指令とモータ位置と速度応答をシミュレートするモデルから作ることが可能であるため、速度制御部13で行っていた制振制御を位置制御部で実現することができる。次に、本発明をACサーボモータの位置決め制御に適用したときの応答を図7に示す。図における上段は本発明を適用しない時の位置決め応答であり、下段は本発明を適用した時の位置決め応答である。記号A～Eは前記のものと同じものであり、図から本発明の位置制御部の適用による効果を確認することができる。なお、2つのシミュレーションにおける位置ループゲインと、速度ループゲイン、速度ループの積分時定数等は同じあり、制振ゲイン α は0.5、推定器が想定したモデルの伝達関数は $1/(1+(1/\omega)S)$ としている。

【0018】次に本発明の第4および第5実施例に係わる位置制御部12と速度制御部13の構成についてそれぞれ図8、図9を用いて説明する。第4実施例を示す図8において、40は位置指令P r e fに制振制御信号 $\beta P e'$ を加えモータの位置信号P f bを差引いて位置偏差P eを出力する加減算器、32は位置偏差P eを受けて速度指令V r e fを出力する位置制御器、37は位置指令P r e fに対するモータの応答をシミュレートして応答信号P f b' を出力する推定器、38はモータの位置信号P f bから応答信号P f b' を差引いて信号P e' を出力する減算器、39は信号P e' に制振ゲイン β を乗じて制振制御信号 $\beta P e'$ を出力する係数器である。次に、第5実施例を示す図9について、図8と同じ構成をしている位置制御部12の説明を省略して速度制御部13の構成について説明する。42は速度指令V r e fに制振制御信号 $\alpha V e'$ を加えモータの速度信号V f bを差引いて速度偏差V eを出力する加減算器、22

(6)

10

は速度偏差V eを受けトルク指令T r e fを出力する速度制御器、28は速度指令V r e fを受けモータの速度をシミュレートしてモータの推定速度V f b' を出力する推定器、25はモータの速度信号V f bからモータの推定速度V f b' を差引いて信号V e' を出力する減算器、41は信号V e' に制振ゲイン α を乗じて制振制御信号 $\alpha V e'$ を出力する乗算器である。

【0019】ここで制振制御の原理について説明する。モータ位置P f bは、位置指令に応答する指令応答成分と外乱によって影響を受ける外乱応答成分と機構系からの振動で影響を受ける振動成分の3つに分けられるものと仮定する。ここで、外乱は速度制御部で十分補償できると仮定すると、モータの位置信号P f bは指令応答成分と振動成分のみを含んでいる。位置指令P r e fには振動成分は全く含まれていないため、前記推定器37の位置指令P r e fに対する推定位置P f b' が正確であれば、前記モータ位置P f bと推定位置P f b' の差P e' は機構系からの振動で影響を受ける振動成分のみとなる。このP e' を制振ゲイン β 倍して前記位置指令P r e fに加えてやれば振動成分を取り除くことができる。同様に、モータ位置P f bに含まれる振動成分が前記発明で十分補償できると仮定すると、前記推定器28の速度指令V r e fに対する推定速度V f b' が正確であれば、前記モータ速度V f bと推定速度V f b' の差V e' は機構系からの振動で影響を受ける振動成分のみとなる。このV e' を制振ゲイン α 倍して前記速度指令V r e fに加えてやれば振動成分を取り除くことができる。したがって、位置制御部内と速度制御部内で独立に制振制御を行うことができ、且つ、推定位置と推定速度に振動成分が含まれないため、純粋に振動成分のみを検出することができて、正確に振動成分を補償することができる。

【0020】次に、ACサーボモータを用いた位置決め制御に本発明の第5実施例を用いた場合の動作例を図10に示す。図中上段は本発明を用いない場合の位置決め応答であり、下段は本発明を用いた場合の位置決め応答である。記号A～Eは前記のものと同じであり、図から本発明の制振制御による効果が確認できる。なお実験における位置ループゲイン、速度ループゲイン、速度ループの積分時定数等は本発明を用いない場合と用いる場合とで全く同じに設定しており、本発明を用いた場合の制振制御のパラメータである制振ゲイン α 、 β はそれぞれ0.5に設定した。また位置制御部内の推定器のシミュレーションモデルは、位置指令P r e fからモータの位置信号P f bまでの伝達関数を1次遅れに近似した時の応答周波数が ω_p であるとして、伝達関数を $1/(1+(1/\omega_p)S)$ とし、速度制御部内の推定器におけるシミュレーションモデルは、速度指令V r e fからモータの速度信号V f bまでの伝達関数を2次遅れに近似した時の応答周波数が ω_v であるとして、伝達関数を(2

(7)

11

$\zeta \omega v s + \omega v^2) / (s^2 + 2\zeta \omega v s + \omega v^2)$ としている。

【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の第1実施例によれば、モータが駆動する機構から生じる振動を補償する際に用いる推定速度を速度指令に対する指令応答成分のみで表わせるため、非常に簡単に振動を補償できるモータ制御装置を提供することができる。本発明の第2実施例によれば、モータが駆動する機構から生じる振動を補償する際に用いる推定速度に多少の誤差が含まれていても、あるいは、速度制御部内の積分器により外乱を十分補償できない場合においても、振動成分のみを検出することができるため、十分振動を補償することができるモータ制御装置を提供することができる。本発明の第3実施例によれば、モータが制御対象を駆動するとき、駆動システム全体に生じる振動を補償する速度指令を、位置指令とモータ位置と速度応答をシミュレートするモデルから作ることができるため、位置制御部のみで制振制御ができて装置が簡単になるという効果がある。本発明の第4実施例によれば、位置ループで振動を補償しているため、速度ループで他の補償をしても悪影響を受けることはなく、また、モータの推定位置に振動成分が含まれないため、位置ループを循環する振動成分だけを正確に補償することができるという効果がある。本発明の第5実施例によれば、第4実施例の効果に加えて、速度ループにおいても正確に振動成分のみを補償することができるので振動を抑制する効果がさらに高められる。

【図面の簡単な説明】

12

【図1】モータ制御システムのブロック図

【図2】第1実施例の速度制御部の構成を示す図

【図3】第1実施例を適用した時の応答

【図4】第2実施例の速度制御部の構成を示す図

【図5】第2実施例を適用した時の応答

【図6】第3実施例の位置制御部の構成を示す図

【図7】第3実施例を適用した時の応答

【図8】第4実施例の位置制御部の構成を示す図

【図9】第5実施例の位置制御部と速度制御部の構成を示す図

【図10】第5実施例を適用した時の応答

【符号の説明】

11 指令発生部

12 位置制御部

13 速度制御部

14 電流制御部

15 モータ

16 検出器

17 差分器

20 21、30、40、42 加減算器

22 速度制御器

36 加算器

24、28、34、37 推定器

25、31、35、38 減算器

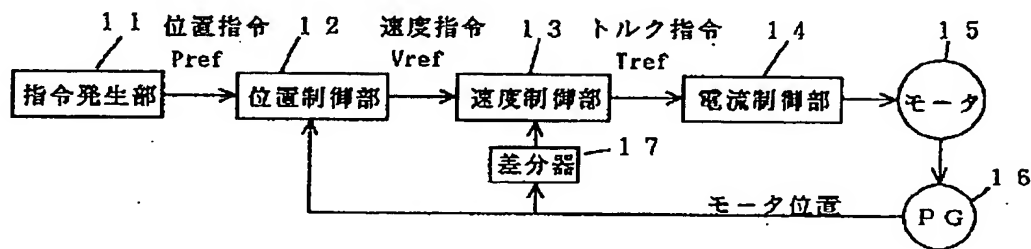
26、39、41 係数器

29 ハイパスフィルタ

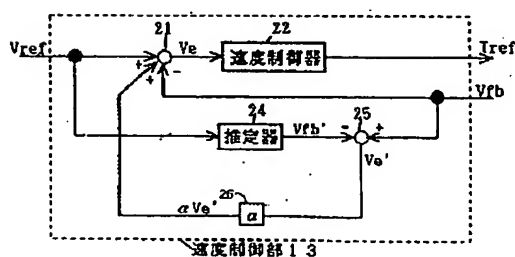
33 差分器

32 位置制御器

【図1】

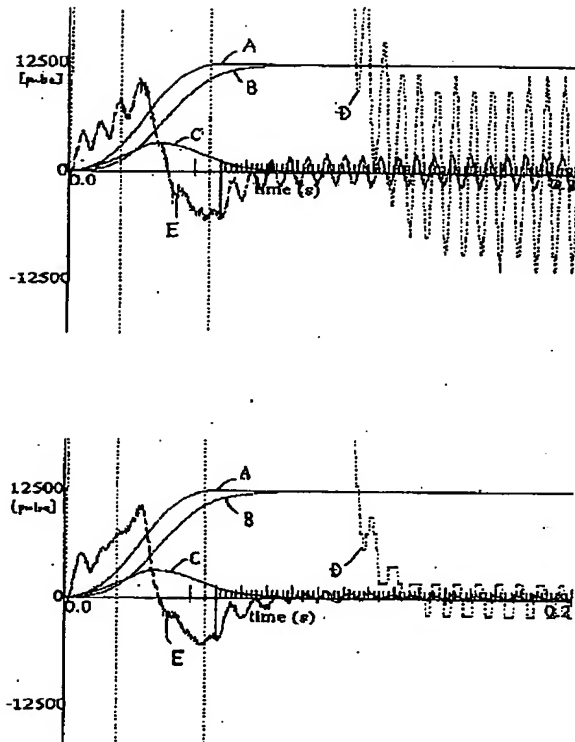


【図2】

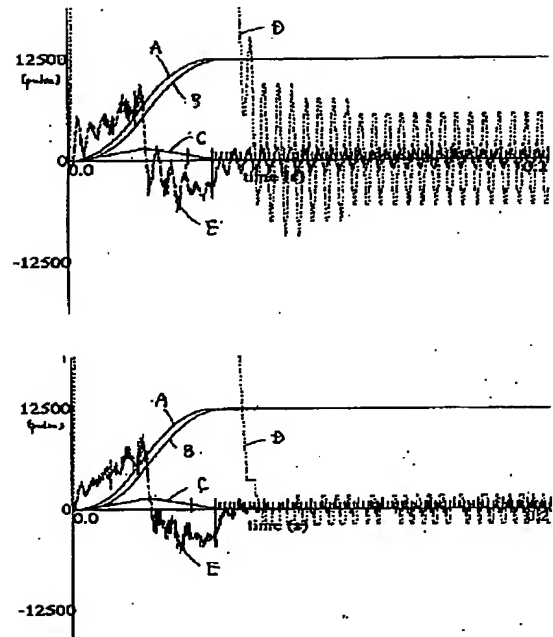


(8)

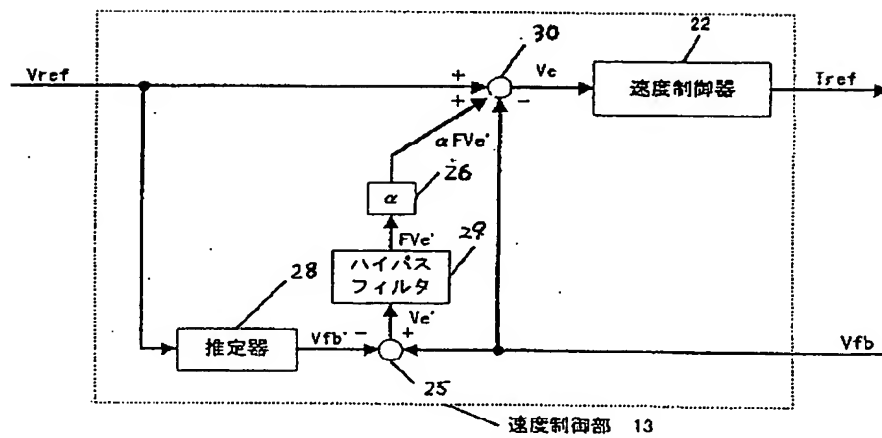
【図3】



【図10】

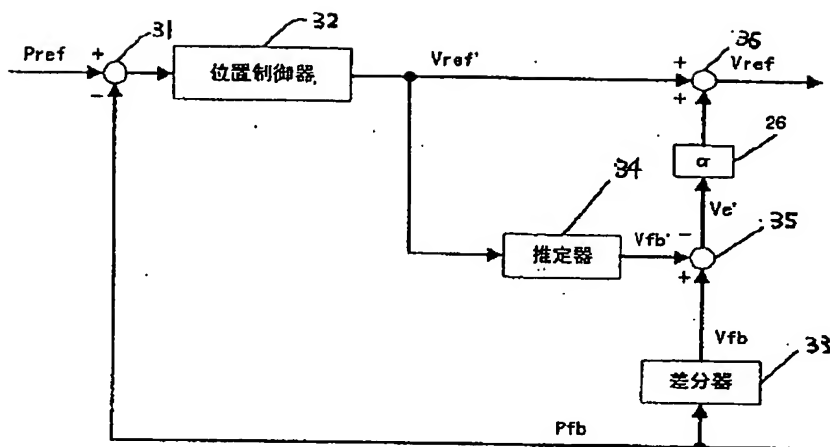


【図4】

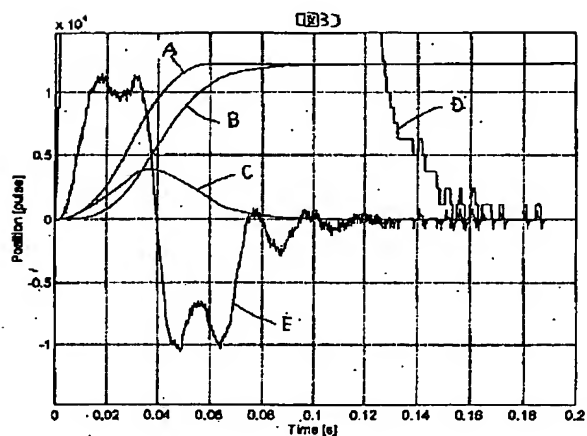


(9)

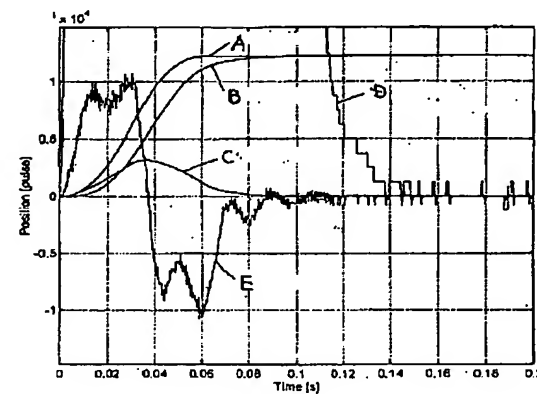
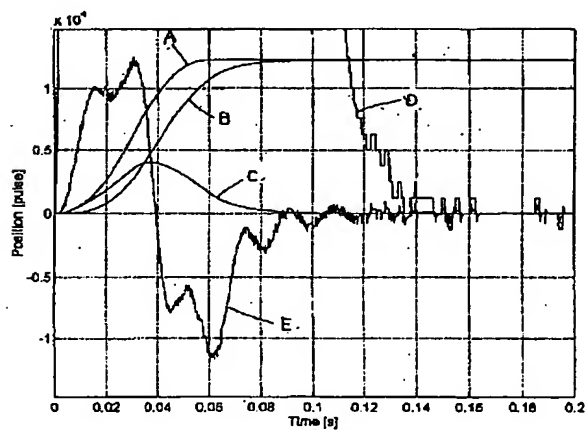
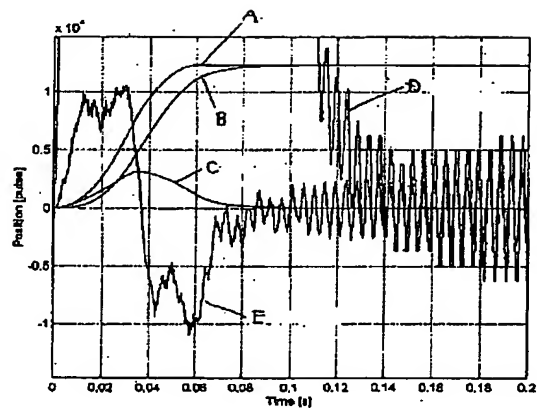
【図6】



【図5】

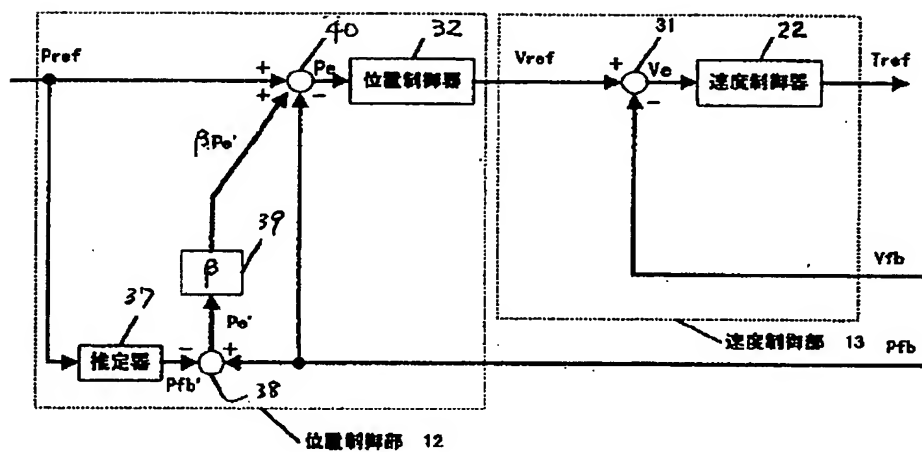


【図7】

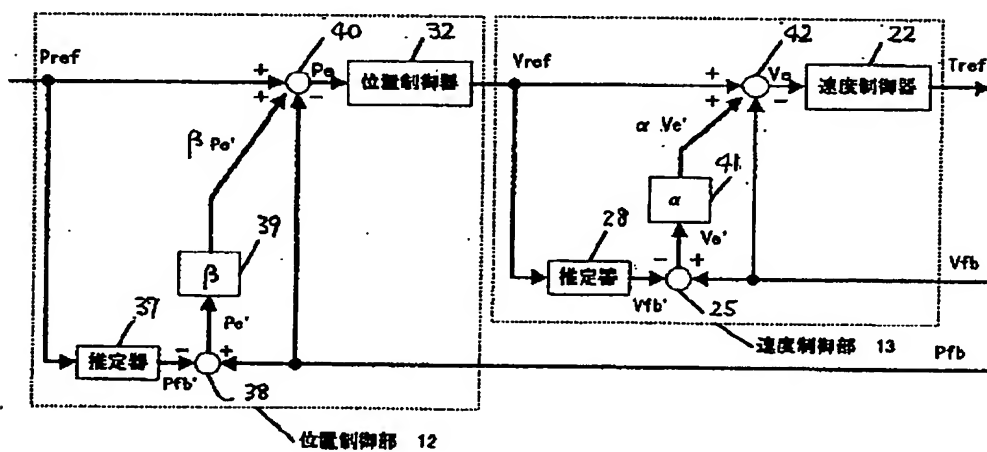


(10)

【図8】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.